

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-205270

(P2001-205270A)

(43) 公開日 平成13年7月31日 (2001.7.31)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

データベース*(参考)

C 0 2 F 1/469

B 0 1 D 61/48

4 D 0 0 6

B 0 1 D 61/48

C 0 2 F 1/46

1 0 3

4 D 0 6 1

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-18681(P2000-18681)

(22) 出願日 平成12年1月27日 (2000.1.27)

(71) 出願人 000000239

株式会社荏原製作所

東京都大田区羽田旭町11番1号

(72) 発明者 井上 修行

東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社

荏原製作所内

(72) 発明者 青山 淳

東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社

荏原製作所内

(74) 代理人 100096415

弁理士 松田 大

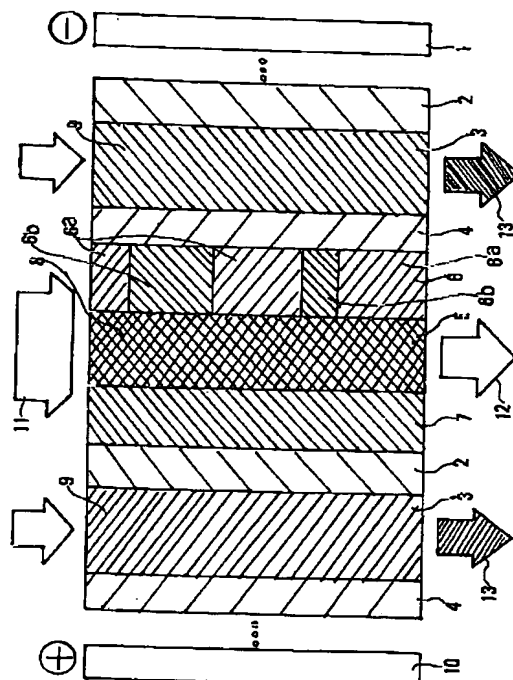
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気再生式脱塩装置

(57) 【要約】

【課題】 低い極間電圧での運転を可能にし、対象となる被処理水の水质により、最適な配列を選択できる電気再生式脱塩装置を提供する。

【解決手段】 極室間に、脱塩室5及び濃縮室3を配列し、該脱塩室に、イオン交換体を充填し、各室間には、陰イオンと陽イオン交換膜が配列されている電気再生式脱塩装置において、前記脱塩室のイオン交換体が、陰イオン交換膜側2から陽イオン交換膜4側に向かって、複数層の繊維質のシート又はメッシュで構成され、その内の一層6が、陰イオン6bと陽イオン6a交換繊維で構成されているか、該陰イオン交換膜に接する層が、陰イオン交換繊維7で、陽イオン交換膜に接する層が、陰イオン6bと陽イオン6a交換繊維で構成されているか、又は、該陰イオン交換膜に接する層が、陰イオンと陽イオンの交換繊維で、陽イオン交換膜に接する層が、陽イオン交換繊維で構成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 極室間に、脱塩室及び濃縮室を配列し、少なくとも該脱塩室に、イオン交換体を充填し、前記各室間には、陰イオン交換膜あるいは陽イオン交換膜が配列されている電気再生式脱塩装置において、前記脱塩室のイオン交換体が、陰イオン交換膜側から陽イオン交換膜側に向かって、複数層の繊維質のシート又はメッシュで構成され、その内の少なくとも一層が、陰イオン交換繊維と陽イオン交換繊維で、他層が陰イオン交換繊維又は陽イオン交換繊維又は前記と異なる割合の陰イオン交換繊維と陽イオン交換繊維で構成されていることを特徴とする電気再生式脱塩装置。

【請求項2】 極室間に、脱塩室及び濃縮室を配列し、少なくとも該脱塩室に、イオン交換体を充填し、前記各室間には、陰イオン交換膜あるいは陽イオン交換膜が配列されている電気再生式脱塩装置において、前記脱塩室のイオン交換体が、陰イオン交換膜側から陽イオン交換膜側に向かって、複数層の繊維質のシート又はメッシュで構成され、該陰イオン交換膜に接する層が、陰イオン交換繊維で構成され、また、陽イオン交換膜に接する層が、陰イオン交換繊維と陽イオン交換繊維で構成されていることを特徴とする電気再生式脱塩装置。

【請求項3】 極室間に、脱塩室及び濃縮室を配列し、少なくとも該脱塩室に、イオン交換体を充填し、前記各室間には、陰イオン交換膜あるいは陽イオン交換膜が配列されている電気再生式脱塩装置において、前記脱塩室のイオン交換体が、陰イオン交換膜側から陽イオン交換膜側に内かつて、複数層の繊維質のシート又はメッシュで構成され、該陰イオン交換膜に接する層が、陰イオン交換繊維と陽イオン交換繊維で構成され、また、陽イオン交換膜に接する層が、陽イオン交換繊維で構成されていることを特徴とする電気再生式脱塩装置。

【請求項4】 前記イオン交換繊維質のシート又はメッシュは、前記陰イオン交換膜に接する層及び陽イオン交換膜に接する層を密にし、内側の層を粗にしたことを特徴とする請求項1、2又は3記載の電気再生式脱塩装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電気再生式脱塩装置に係り、特に、イオン濃度が高い水からイオン濃度が低い水まで、広範囲に安定して高効率に脱塩処理できる電気再生式脱塩装置に関する。

【0002】

【従来の技術】水溶液を溶媒と溶質に分離する技術において、水溶液の大部分を占める溶媒を分離するよりも、ごく一部分である溶質を分離するほうが、本来的に省エネがしやすいことは自明の理である。液体中に少量含まれているイオンを除去する方法にも、大別して溶媒である水を分離させる蒸留法、逆浸透法、溶質であるイオンを除去するイオン交換法、電気透析法が有る。蒸留法

は、加熱及び冷却により水の相変化を行う方法であり、逆浸透法は、加圧により水を浸透膜に透過させるために、高圧ポンプを必要とする方法で、いずれも多エネルギー消費型である。イオン交換法は、イオン交換樹脂を用いて液体中のイオンを選択的にイオン交換吸着させる方法であるが、その再生のための酸やアルカリを取り扱う煩雑さと、再生廃液の処理が必要であった。

【0003】電気透析法は、電位勾配を駆動源として、液体中のイオンを選択的に脱塩室からイオン交換膜を介して、濃縮室に移動・分離させる方法であり、薬品を使用せずに連続運転可能な方法であるが、脱塩率を高めようとすると、イオン交換膜の境界面で硬度成分の析出が生じ易いため、比抵抗の高い脱塩水が得られないこと、及びイオン濃度が小さい場合には、イオンの移動に必要な電圧が高くなることから適用範囲に制約があった。従って、一般的に高塩類液の脱塩には逆浸透、それよりも塩濃度の小さい液には電気透析、更に塩濃度が小さい液にはイオン交換が有利だとされていた。電気再生式脱塩装置とは、電気透析槽のイオン交換膜間にイオン交換体を充填したものを指し、電気透析槽とはイオン交換体を充填しないものをさす。

【0004】電気透析槽の脱塩室にイオン交換体を充填することにより、電気透析槽より高効率かつ高純度まで脱塩を行うことが可能となった。イオン交換体を脱塩室に充填した電気再生式脱塩装置に対して、これまで多くの提案がなされ、また、本発明の出願人も、これまでに特開平7-100391号、特開平9-99221号、特願平10-153697号などの提案を行ってきた。特に、特願平10-153697号では、イオン交換体を層状となすことで、組み立てを容易にし、しかも、中間のイオン交換体にスペーサーの役目を持たせることで、処理水の流路抵抗を極力抑えることができた。しかし、弱陽イオン、弱陰イオン系の成分の除去率がなかなか上がらず、特にシリカ成分の除去率向上が問題になっていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記従来技術に鑑み、低い極間電圧での運転を可能にし、イオン濃度の高いろ過水の脱塩から超純水の製造まで幅広く適用でき、特に、脱塩率を著しく高くすることができ、かつ対象となる被処理水の水質により、最適な配列を選択できる電気再生式脱塩装置を提供することを課題とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明では、極室間に、脱塩室及び濃縮室を配列し、少なくとも該脱塩室に、イオン交換体を充填し、前記各室間には、陰イオン交換膜あるいは陽イオン交換膜が配列されている電気再生式脱塩装置において、前記脱塩室のイオン交換体が、陰イオン交換膜側から陽イオン交換膜側に向かって、複数層の繊維質のシート又はメッ

シユで構成され、その内の少なくとも一層が、陰イオン交換繊維と陽イオン交換繊維で、他層が陰イオン交換繊維又は陽イオン交換繊維又は前記と異なる割合の陰イオン交換繊維と陽イオン交換繊維で構成されていることとしたものである。

【0007】また、本発明では、極室間に、脱塩室及び濃縮室を配列し、少なくとも該脱塩室に、イオン交換体を充填し、前記各室間には、陰イオン交換膜あるいは陽イオン交換膜が配列されている電気再生式脱塩装置において、前記脱塩室のイオン交換体が、陰イオン交換膜側から陽イオン交換膜側に向かって、複数層の繊維質のシート又はメッシュで構成され、該陰イオン交換膜に接する層が、陰イオン交換繊維で構成され、また、陽イオン交換膜に接する層が、陰イオン交換繊維と陽イオン交換繊維で構成されているか、又は、逆に、該陰イオン交換膜に接する層が、陰イオン交換繊維と陽イオン交換繊維で構成され、また、陽イオン交換膜に接する層が、陽イオン交換繊維で構成されていることとしたものである。前記電気再生式脱塩装置において、イオン交換繊維質のシート又はメッシュは、前記陰イオン交換膜に接する層及び陽イオン交換膜に接する層を密にし、内側の層を粗にすることができる。

【0008】

【発明の実施の形態】本発明の電気再生式脱塩装置において、用いられるイオン交換繊維は、高分子繊維にイオン交換基をグラフト重合法により導入したものが好ましく用いられる。高分子繊維よりなるグラフト化基体は一種の単繊維であっても、軸心と鞘部を異なる高分子により構成される複合繊維であっても良い。また、本発明の脱塩装置において、脱塩室は、厚みが2.5～5mmであり、極室を含む濃縮室は厚みが0.5～2.0mmであるのが良く、該脱塩室及び濃縮室は、枠体で構成され、該枠体が被処理水、処理水、濃縮水の連通孔を有し、これらの脱塩室及び濃縮室が重層されて電気再生式脱塩装置を形成している。

【0009】次に、本発明を図面を用いて詳細に説明する。図1は、電気再生式脱塩装置の脱塩室が1室の場合の全体模式図を示したものであり、図2は、図1の内部構造を示す部材別の分解図であり、また図3は、脱塩室内部の分解構成図である。図1において、1は陰極、2は陰イオン交換膜、3は濃縮室、4は陽イオン交換膜、5は脱塩室、6aは陽イオン交換繊維からなる不織布、6bは陰イオン交換繊維からなる不織布、6は6aと6bからなる不織布層、また7は陰イオン交換繊維よりなる不織布層、8は陰イオン交換繊維からなるメッシュ状の粗い不織布層（メッシュ層）であり、9は濃縮水の流路を構成する濃縮室用スペーサーであり、10は陽極であり、11は被処理水（被脱塩水）、12は処理水（脱塩水）、13は濃縮水である。極室は特に図示していない。

【0010】図1の各部材の構造は、図2に示されとおりであり、また脱塩室5の構造は、図3に示すとおりである。図3に示すように、脱塩室5内のイオン交換体の配置は、陰イオン交換膜2側から、陰イオン交換繊維からなる不織布層7、陰イオン交換繊維（陰イオン系）からなるメッシュ層8（網状布）を2枚、陰イオン交換繊維6bと陽イオン交換繊維6aからなる不織布層6の順に配置している。この脱塩室5の操作を説明すると、陰極と陽極間に直流電流を印荷し、被処理水を通水すると被処理水中の Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} などの陽イオンは、脱塩室5の陽イオン交換繊維からなる不織布6aにイオン交換され、電場下で陽イオン交換繊維からなる不織布6aから陽イオン交換膜4を通り、濃縮室3に透過されて、濃縮水13として外部に排出される。一方、被処理水中の Cl^{-} 、 SO_4^{2-} 等の陰イオンは、脱塩室5の陰イオン交換繊維からなる不織布6b及び7にイオン交換され、電場下で陰イオン交換繊維からなる不織布6b及び7から陰イオン交換膜2を通り、濃縮室3に透過されて、濃縮液13として排出される。

【0011】従って、脱塩室5では、被処理水11は、メッシュ状の粗い不織布層8により乱流を形成しながら分散されて通る際に、陽イオンは陽イオン不織布6aに、また陰イオンは陰イオン不織布6b及び7に捕捉されるので、被処理水11中のイオン性物質が除去され高度に脱塩された処理水12が得られる。そして、脱塩室5をこのような配置にすると、被処理水（被脱塩水）となる原水に、炭酸成分、シリカ成分など弱酸性イオン系の成会が多く含まれる場合に有効である。理由は、はっきりとは分からないが、陰イオン系を重点的に除去することにより、被脱塩水のpHが上昇、解離度の低い炭酸成分さらにはシリカ成分が、アルカリ側になることでイオン化が進むためと考えられる。また、陰イオン交換繊維と陽イオン交換繊維の接触する部分で水解等があり、シリカ成分がより活性化され、イオン化がより進行すると考えられる。陰イオン交換繊維と陽イオン交換繊維の接触は、層の間で生じるほか、同一層内でも生じるため、本構成が有効になっている。

【0012】また、脱塩室5で陽イオン交換膜4に接触する、陰・陽イオン交換繊維からなる層は、図4a～図4cに示すように、陰イオン交換繊維の不織布6bと陽イオン交換繊維の不織布6aとを組合せ不織布層6としてもよく、また図4dに示すように陰イオン交換繊維の繊維6'bと陽イオン交換繊維の繊維6'aとから繊維層6'を構成してもよい。これらの陰・陽イオン交換繊維から成る層は、原水の流れ方向に対し、入口側に陰イオン部を多く、出口に向かって陽イオンを多くするのが好ましい。図5に本発明の脱塩室5の別の分解構成図を示し、図5は、弱アルカリ成分、例えばアンモニア成分の除去率を高めた脱塩室となる。図5では、陽イオン交換膜4側から、不織布層6を陽イオン交換繊維からなる

不織布6aのみとし、次いで、陽イオン交換繊維（陽イオン系）からなるメッシュ層8a（網状布）を2枚、陰イオン交換繊維からなる不織布層7を陰イオン交換繊維7bと陽イオン交換繊維7aからなる不織布の順に配置している。陽イオン系を重点的に除去することにより、被脱塩水のpHが下がり、解離度の低い弱カチオンが、酸性となることで、イオン化が進み、陰極に同かつて除去されやすくなると考えられる。

【0013】図6に、本発明の脱塩室の別の構成図を示し、図6aは、図5において、不織布層7の陰イオン交換繊維7bと陽イオン交換繊維7aからなる不織布の配置を変えたものである。また、図6bは、原水に各種成分が入っていて、変化するような場合に好適な脱塩室の構成を示す。解離度の低い弱アルカリ、弱酸成分のイオン化を、陰イオン交換繊維6bと陽イオン交換繊維6aの接触部分での水解等により、成分の活性化、イオン化を図ったものである。一般にシリカ系の除去が困難であり、陰イオン交換繊維を多くしている。処理水は、脱塩が進むに連れて電流が流れにくくなるが、処理水の流路にイオン伝導性のメッシュ層8が有るので運転電圧の増加を著しく軽減させる。また、脱塩室中のイオン伝導性メッシュ層8は、1枚でも良いし、複数枚装填しても良いが、イオン交換機能の異なる陽イオン交換メッシュ層、陰イオン交換メッシュ層から任意の組み合わせで選択でき、被処理水の水質に応じて処理条件を選択することにより、種々の性能の脱塩装置とすることができる。

【0014】例えば、陽イオン交換不織布と陰イオン交換不織布との間に陽イオン交換メッシュ層と陰イオン交換メッシュ層を組み込む場合が最も低電圧化がはかれる。また陰イオン交換メッシュ層8だけを1枚又は複数枚組み込む場合は、シリカを含む陰イオンの除去性能が向上することがわかっている。濃縮室3の電気抵抗を低減させるため、及びイオン交換膜面のイオン濃度の上昇を抑制させるためには、濃縮室にもイオン伝導スパーサー9を装填するのが望ましい。陽イオン交換スパーサー、陰イオン交換スパーサーのいずれも適用可能である

が、陽イオン交換膜面の陽イオン濃度の上昇の抑制を目的とする場合は、陽イオン交換スパーサーが好ましいし、陰イオン交換膜面の陰イオン濃度の上昇を抑制する場合は、陰イオン交換スパーサーが好ましい。

【0015】更に、陽イオン交換膜側に陽イオン交換スパーサー、陰イオン交換膜側に陰イオン交換スパーサーを装填し、陽イオン交換膜面及び陰イオン交換膜面の各イオン濃度の上昇を抑制することができる。極室にも濃縮室と同様に、電気抵抗を低減させるためイオン伝導スパーサー9を装填するのが望ましい。本発明の電気再生式脱塩装置の性能は、RO処理水相当の水からは超純水が容易に安定して得られる。しかも、電力消費量が少ないので、大型化に好適である。前記の不織布及びスパーサーへのイオン交換機能の付与は、本発明と同一出願人による特願平10-153697号と同様にグラフト化処理、特に放射線グラフト重合法を利用して付与するのが好適である。

【0016】

【実施例】以下、本発明を実施例により具体的に説明する。

実施例1

図7aに、本発明を適用して実験した時のイオン交換体の構成を示す。陽イオン交換膜に接するイオン交換体6を、陽イオン交換体6aを70%、陰イオン交換体6bを30%の面積比で構成し、他のイオン交換体7、8は陰イオン交換体100%としている。比較例として、上述のイオン交換体6を陽イオン交換体100%としたもの（図7b）、別の比較例として、イオン交換体6及びメッシュの交換体8aを陽イオン交換体100%としたもの（図7c）を作成、イオン交換体の構成による違いを実験した。表1にその結果を示す。処理水量、極間に流す電流値を同一にした実験で、本発明の構成（図7a）により、シリカの除去率が飛躍的に向上しているのが分かる。

【0017】

【表1】

原水 (RO透過水)	比抵抗 シリカ(SiO ₂)	0.32MΩ・cm 200ppb	
実施例 (図7a)	比抵抗 シリカ	17.7MΩ・cm 4ppb	(脱塩率 99.94%) (除去率 98.0%)
比較例 1 (図7b)	比抵抗 シリカ	17.6MΩ・cm 18ppb	(脱塩率 99.93%) (除去率 91.0%)
比較例 2 (図7c)	比抵抗 シリカ	17.4MΩ・cm 30ppb	(脱塩率 99.91%) (除去率 85.0%)

(表中の脱塩率は、塩がNaClであるとして評価している)

【0018】

【発明の効果】本発明によれば、低い極間電圧での運転を可能にし、イオン濃度の高いろ過水の脱塩から超純水

の製造まで幅広く適用でき、かつ対象となる被処理水の水質により、最適な配列を選択できる電気再生式脱塩装置が得られた。例えば、脱塩室を、陰イオン交換膜側か

ら、陰イオン交換繊維からなる不織布層、陰イオン交換繊維からなるメッシュ層、陰・陽イオン交換繊維の不織布からなる複合層の順に配置すると、シリカ成分などの弱酸性イオン系の成分が多く含まれる場合に有効となり、逆に、陽イオン交換膜側から、陽イオン交換繊維からなる不織布層、陽イオン交換繊維からなるメッシュ層、陰・陽イオン交換繊維の不織布からなる複合層の順に配置することにより、解離度の低い弱陽イオンが除去されやすくなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電気再生式脱塩装置の1単位の脱塩セル全体模式図。

【図2】図1の内部構造を示す部材別の分解図。

【図3】脱塩室内部の分解構成図。

【図4】脱塩室内の不織布層6又は織布層6'の陽イオン交換繊維と陰イオン交換繊維の配置を示す図。

【図5】本発明の脱塩室内部の別の分解構成図。

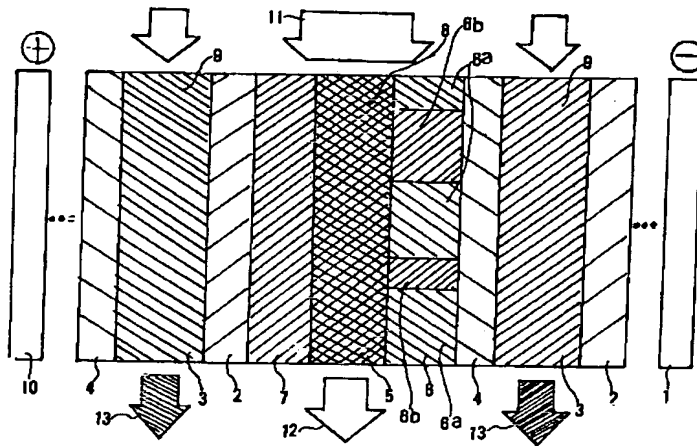
【図6】本発明の脱塩室内部の複数層の別の構成図。

【図7】実施例及び比較例1、2の脱塩室内部の分解構成図。

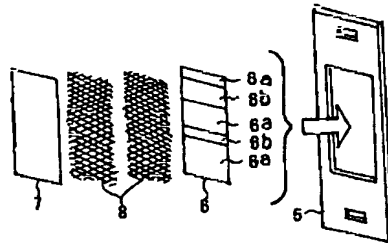
【符号の説明】

1：陰極、2：陰イオン交換膜、3：濃縮室、4：陽イオン交換膜、5：脱塩室、6：不織布層、6'：織布層、6a：陽イオン交換繊維からなる不織布、6b：陰イオン交換繊維からなる不織布、7：陰イオン交換繊維からなる不織布層、7a：陽イオン交換繊維からなる不織布、7b：陰イオン交換繊維からなる不織布、8：陰イオン交換繊維からなるメッシュ状の粗い不織布層（メッシュ層）、8a：陽イオン交換繊維からなるメッシュ層、9：スペーサー、10：陽極、11：被処理水（被脱塩水）、12：処理水（脱塩水）、13：濃縮水

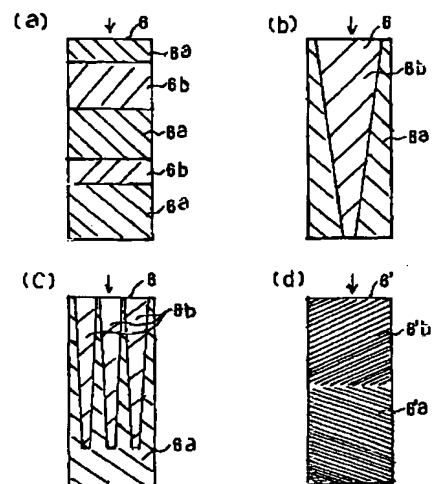
【図1】



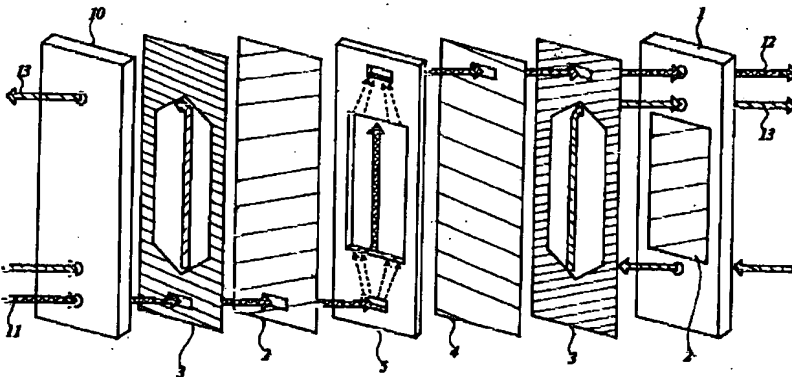
【図3】



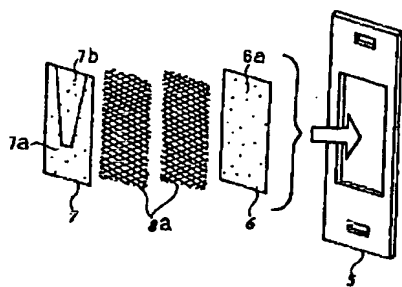
【図4】



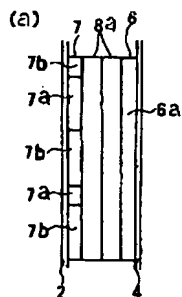
【図2】



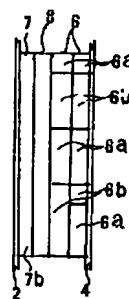
【図5】



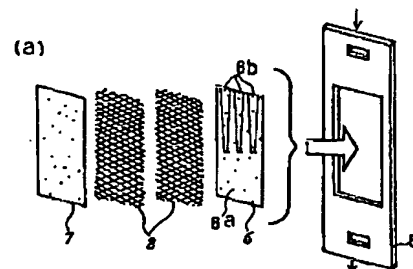
【図6】



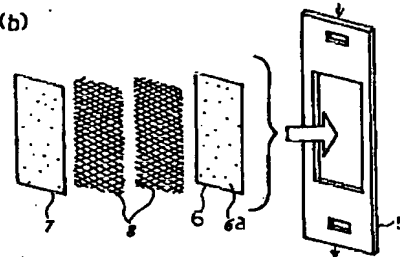
(b)



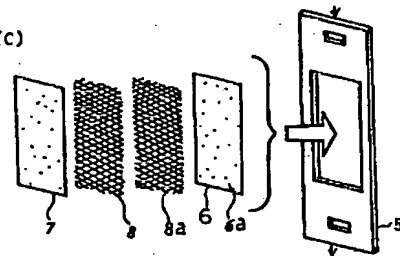
【図7】



(b)



(c)



フロントページの続き

Fターム(参考) 4D006 GA17 HA48 JA04Z JA41Z
JA43Z JA44Z KA26 KB01
MA09 MA13 MA14 MB07 PA01
PB02 PB27 PB28
4D061 DA01 DB13 EA09 EB11 EB13
EB19 EB22